

doi: 10.3969/j.issn.2095-1744.2021.05.016

我国关键矿产勘查增储的科技应对策略

张家林, 樊俊, 秦媛

(中国 21 世纪议程管理中心, 北京 100038)

摘要:在“去全球化”的背景下,科技竞争在地缘政治角逐中的角色日益凸显。作为前沿技术发展的物质基础,关键矿产的作用越发重要,针对关键矿产的争夺已成为全球大国博弈的重要战场。矿产勘查是摸清关键矿产储量家底、保障资源安全的最有效手段,在全球大多数矿种勘查持续低迷的背景下,各国对于自身所需的关键矿产的勘查热度却逆流而上。我国在关键矿产勘查增储工作中面临自身储量未完全掌握、勘查开采技术落后和管理策略体系不合理等问题。加强关键矿产科学研究与勘查实践,科学制定关键矿产战略,积极参与关键矿产全球治理可有效保障我国关键矿产的供需安全。

关键词:关键矿产;供需;创新进展;风险;科技策略

中图分类号:P621.6 **文献标志码:**A **文章编号:**2095-1744(2021)05-0102-08

Scientific and Technological Counter Measures for Increasing Reserves of Key Minerals in China

ZHANG Jialin, FAN Jun, QIN Yuan

(The Administrative Center for China's Agenda 21, Beijing 100038, China)

Abstract: In the context of "de-globalization", the role of technological competition in geopolitical competition has become increasingly prominent. As the material basis for the development of cutting-edge technology, the role of "key minerals" is becoming more and more important. The competition for key minerals has become an important battlefield in the game of global powers. Mineral exploration is the most effective means to find out the reserves of key minerals and ensure the security of resources. In the context of the continued downturn in global most mineral exploration, countries' enthusiasm for the exploration of key minerals they need is rising upstream. China is facing problems such as incomplete control of its own reserves, backward exploration and mining technology, and unreasonable management strategy system in the work of increasing reserves of key minerals. Strengthening the practice of scientific research and exploration of key minerals, scientifically formulating key mineral strategies, and actively participating in the global governance of key minerals can effectively guarantee the security of supply and demand of key minerals in China.

Key words: key minerals; supply and demand; innovation progress; risk; science and technology strategy

“关键矿产”一般指应用于新材料、新能源、电子信息、航空航天、国防军工等产业,对于支撑经济发展、产业转型、国家安全具有不可替代作用,安全供应存在风险的一类矿产的总称^[1-2]。不同国家对于

关键矿产的界定是动态发展的,一般根据经济重要性和供应风险等因素确定各自的关键矿产清单^[3]。欧美提出的“关键矿产”大多与我国学者提出的“三稀”资源(即稀有、稀散、稀土资源)所涵盖的矿产品

收稿日期:2020-12-14

作者简介:张家林(1994-),男,研究实习员,主要从事资源领域技术发展战略研究和国家科技计划项目管理工作。

引用格式:张家林,樊俊,秦媛.我国关键矿产勘查增储的科技应对策略[J].有色金属工程,2021,11(5):102-109.

ZHANG Jialin, FAN Jun, QIN Yuan, et al. Scientific and Technological Counter Measures for Increasing Reserves of Key Minerals in China[J]. Nonferrous Metals Engineering, 2021, 11(5): 102-109.

种重合^[4]。

近年来,全球围绕关键矿产供给与保障的博弈已经全面展开。2017年美国特朗普总统签署《确保关键矿产安全和可靠供应的联邦战略》第13817号行政令,强调美国要加强关键矿产资源研究,查明关键矿产的新来源,减少因关键矿产供应链中断带来的国家安全与经济发展隐患,保障美国关键矿产资源的稳定供给和全球控制力^[5],在此基础上美国发布《关键矿产最终清单2018》。2019年6月,美国商务部发布《确保关键矿产安全可靠供应的联邦战略》报告,阐述了为确保关键矿产安全可靠供应的目标,联邦政府将采取6项行动纲领、24个分项目标和61项建议^[6]。这是美国推动关键矿产供应链转型、加强自主保障战略部署的重要里程碑事件。实际上,基于经济重要性和供给风险等因素的考虑,欧盟、英国、澳大利亚等组织和国家均已研究提出符合自身需求的关键矿产清单和工业、贸易等战略。

当前,新一轮科技革命和产业变革重塑着国际竞争格局,关键矿产作为支撑战略新兴产业发展的重要物质基础,在大国博弈中备受瞩目。加强勘查增储,摸清资源家底是将资源优势转化为国际市场话语权、确保资源供给安全的“基本盘”,深入研究关键矿产勘查增储的科技应对策略对于提升我国关键

矿产资源的供给能力、应对国际挑战、保障国家安全意义重大。

1 全球主要国家和地区关键矿产的供需格局

1.1 欧洲地区

1.1.1 欧盟关键矿产清单

欧洲地区为避免“冷战”导致其跨区域原材料供应受影响,于1975年将钨、锰、铬、磷酸盐、铂等矿产确定为受关注的原材料,这可视为欧洲主要国家最早的关键矿产清单。2008年,在再工业化战略驱动下欧盟不断加强新兴产业布局,相关材料需求的增长使得部分稀有金属的重要性不断上升。2009年,矿产原材料供应研究小组成立,次年发布《对欧盟生死攸关的原料报告》,系统梳理了对欧盟经济有效运行较重要、但供应处于不利地位的矿产原料,并基于该报告在当年6月发布《欧盟关键矿产原材料》报告,将14个资源品种确定为关键矿产。2014年和2017年,欧盟根据矿产资源供需形势对《关键原材料清单》进行了更新^[7-8]。2020年9月,欧盟再次完成关键矿产目录的动态调整工作,相较于2017年的清单,增加了铝土矿、锂、钛与锶4种矿产,同时剔除了氦,见表1。

表1 欧盟关键矿产清单演变过程

Table 1 Development of EU key minerals

时间	名录	矿种
1975年	受关注的原材料	钨、锰、铬、磷酸盐、铂
2010年	《欧盟关键矿产原材料》	锆、钨、铋、镓、钴、铍、镁、铌、钽、铟、萤石、石墨、稀土金属、铂族金属
2014年	《关键原材料清单》	锆、锆、金属硅、磷矿石、硼酸盐、铍、镓、钴、钨、铋、萤石、天然石墨、铂族金属、铌、镁、菱镁矿、炼焦煤、重稀土、轻稀土、钨
2017年	《关键原材料清单》	锆、钨、磷、金属硅、硼酸盐、钒、石棉、钴、钨、铋、铍、铂族金属、铌、镁、镓、钨、重稀土、轻稀土、钨、萤石、天然石墨、磷酸盐岩、重晶石、天然橡胶、钽、氦
2020年	《关键原材料清单》	锆、钨、磷、金属硅、硼酸盐、钒、石棉、钴、钨、铋、铍、铂族金属、铌、镁、镓、钨、重稀土、轻稀土、钨、萤石、天然石墨、磷酸盐岩、重晶石、天然橡胶、钽、铝土矿、锂、钛、锶

1.1.2 欧洲地区关键矿产的供需情况

欧洲矿产勘查程度整体不足,已有资料反映欧洲地区在关键矿产储量上不具有优势,欧盟30种关键原材料中大部分关键矿产高度依赖进口。其中对中国进口依赖度大于5%的矿种达到16种,且中国为其中11种矿产的最主要来源,铋、铌、锆、镓四种矿产从中国进口份额均超过50%(图1),且上述矿产回收困难,导致对中国的依赖程度不断加剧^[9]。欧洲本地没有开采铂族金属、铌、稀土等关键矿产,这些资源完全依赖进口,钽、铌、铂族金属等矿产,主要从刚果(金)、巴西、南非等矿业大国大量进口,稀

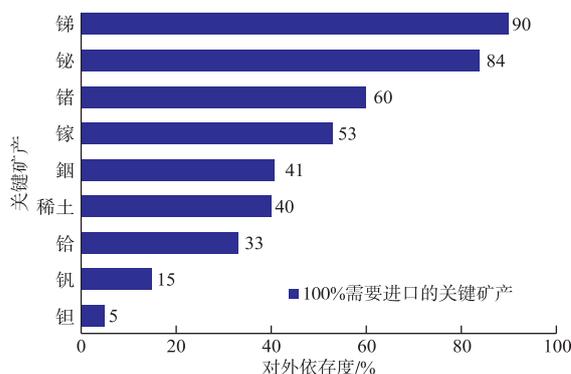


图1 欧盟部分关键矿产从中国进口份额

Fig. 1 EU's share of key minerals imported from China

土主要从中国进口。镓是欧洲供应能力较强的矿种,但其供应量也仅占自身需求量的 25%。总体上,欧洲在关键矿产供应链上处于较脆弱的地位。

为尽可能保障关键矿产的安全供给,欧盟国家已全面转向对关键矿产的立法保护,各国相继通过法案以加强战略性关键矿产的国家管控和战略储备,并积极开展与其他矿业大国合作,监测并移除在关键矿产贸易和投资领域的壁垒,以逐步降低对中国等资源出口国的单方面依赖。

1.2 美国

1.2.1 美国的关键矿产清单

20 世纪 70 年代起,美国基于经济及军事需要开始研究关键矿产问题,发布的《国家安全研究备忘录设立的特别小组:关键进口材料》研究报告中将铝

土矿、铬、铂 3 种矿产纳入关键矿产名录。进入 21 世纪后,美国多部门根据本领域需求,提出应加强对多种关键矿产的储备和关注。2006 年美国国防部提出应将钴、镓、铟、碲等纳入战略储备;2008 年美国地质调查局研究提出将稀土、锂、铂族金属、铌、钽、钒、钛、镓、铟、锰、铜共 11 个资源品种纳入关键战略高技术矿产清单;2010 年美国能源部发布的关键矿产研究报告中,将稀土、锂、钴、镓、铟、碲等列为关键矿产。2017 年,美国内政部根据特朗普签署发布的 13817 号行政命令,发布《危机矿产清单草案》概要版本,并由美国地质调查局随后发布包括 35 个矿种的详细版本,包括三稀矿产、有色金属、黑色金属等 7 大类(表 2)。2018 年 5 月,美国内政部发布《关键矿产最终清单 2018》。

表 2 中国、美国、欧盟“关键矿产”最新名录对比
Table 2 Comparison of key minerals among China, USA and EU

	中国	美国	欧盟
年份	2016	2018	2020
发布部门及文件	尚未有官方公布的“关键矿产清单”,国务院《全国矿产资源规划(2016-2020 年)》中涉及战略性矿产	美国内政部《关键矿产最终清单 2018》	欧盟委员会《关键原材料清单》
种类	能源矿产、金属矿产、非金属矿产,共计 24 种	三稀矿产、有色金属、黑色金属、气体矿产,共计 35 种	金属矿产、非金属矿产,共计 30 种
特有矿种	铁、铜、金、镍、锡、钨、石油、天然气、页岩气、煤炭、煤层气	锰、锡、铷、铯、铟、铪、碲、砷、钨	金属硅、硼酸盐、石棉、铟、天然橡胶
中美清单共有矿种	铀、铬、锆、钾		
美欧清单共有矿种		钛、钒、镁、铋、铂族金属、铌、钽、铍、钪、钨、锆、镓、铟、重晶石	
中美欧清单共有矿种	铝、锂、钨、钴、铋、萤石、稀土元素(重稀土、轻稀土)、石墨(天然石墨、精制石墨)、磷(磷酸盐岩)		

1.2.2 美国关键矿产供需情况

关键矿产供给方面,美国在个别矿种上具有储量优势。铍是美国的典型优势资源,其储量、产量和出口量均占全球的 2/3 以上,垄断地位较为明显。全球铍资源量的 60% 位于美国,2019 年美国铍生产量占全球产量的 65%,且总产量的 76% 用于供应自身需求。同时,美国是铌资源储量大国和重要生产国,已查明铌储量占世界储量的 16.7%,2019 年,矿产铌产量为 8.4 t,占全球总量的 17%,居世界第 3 位,能够满足自身需求。美国已查明的钨资源量约占全球储量的 1/5,2019 年美国钨矿产量占全球产量的 15%,排名仅次于中国,居世界第 2 位。此外,美国拥有一定储量的铂族金属和钨,与其他关键矿种相比对外依存度相对较低^[10]。

然而,美国多数关键矿产资源匮乏,锂、钒、钽、

镓、铟等矿种十分稀缺。根据美国地质调查局 2020 年报告统计,美国多数关键矿种对外依存度较高,有 14 种关键矿产几乎全部依赖进口(图 2),且中国为其中 10 种的主要供应来源。从美国地质调查局的统计数据看,中国供应了美国 80% 的稀土、59% 的锆、52% 的铋、50% 的镓等^[11]。美国的锂、钴、铌等矿产资源主要依赖于澳大利亚、阿根廷、南非、巴西等矿业大国的出口。

美国认为过去 20 多年从中国进口关键矿产的数量不断增加,现阶段要努力实现进口来源的多元化,以摆脱对中国的依赖。在战略制定方面,美国重点强调关键矿产供应链的转型,强化本土获取关键矿产资源,并持续加强与关键矿产相关的国际贸易与合作。为此,美国商务部提出了扩大国内稀土和其他关键矿产生产的紧急措施,并不断加强与日本、澳大利亚和欧盟的紧密合作。2019 年 9 月,澳大利

亚与美国签署协议,双方决定成立关键矿产合作联盟,并于同年11月签署关键矿产合作协议。此外,美国积极利用国际贸易协定在贸易与治理体系上设置壁垒限制其他国家获取关键矿产。同时,对于自身优势矿种,如对国防军工至关重要的铍,美国严格控制资源流出。

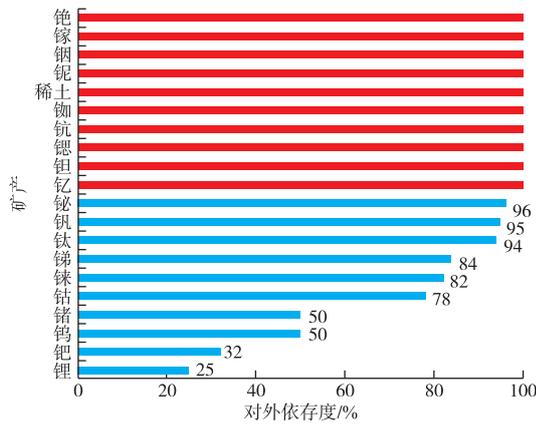


图2 美国部分关键矿产进口情况

Fig. 2 Imports of key minerals in USA

1.3 中国

1.3.1 中国的关键矿产清单

我国于21世纪初开始进行关键矿产研究。2008年国土资源部发布的《全国矿产资源规划(2008—2015年)》、2011年国务院办公厅发布的《找矿突破战略行动纲要(2011—2020年)》以及2016年国务院发布的《全国矿产资源规划(2016—2020年)》圈定了包括能源矿产、金属矿产与非金属矿产3大类24种战略性矿产(表2),旨在保障国家经济安全、国防安全和战略性新兴产业发展需求。尽管这24种战略性矿产纳入了部分我国具有优势并可以调控国际市场的矿产资源,以及我国因短缺而存在较大安全隐患的矿产资源,但我国目前尚未有官方公布的“关键矿产”清单。有学者认为,结合我国实际,应将能够维系国民经济正常运行、支撑高新技术产业和战略性新兴产业发展且年需求量不超过20万t而应用领域十分广泛的稀有金属、稀土金属、稀散金属、稀贵金属等小矿种归为关键矿产。

1.3.2 我国关键矿产的供给格局

得益于丰富的资源储量和较强的生产加工能力,我国已成为多种战略性矿产资源的主要出口国。目前,中国是世界上唯一能够提供全部16种稀土金属的国家,2018年,我国贡献了全球62%的稀土矿产品(12万t)和全球86%的冶炼分离产量(12.5万t)。

同时,离子型稀土的开采提取、萃取分离、金属冶炼是我国在关键矿产领域的特色产业,技术达到国际先进水平。稀有金属方面,我国境内有多处世界级规模的大型矿床且以单一辉钼矿为主,钼矿储量达830万t,居世界首位且遥遥领先于其他国家;我国钨储量180万t,占世界钨储量的56%,开采总量与国际贸易量长期位居世界第一。稀散金属方面,我国是原生镓的主要生产国和出口国,镓矿查明储量约为30万t,位居全球前列,2018年出口镓产品159.05t。此外,我国钒、钨、铟和锗等资源的探明储量和产量均位于世界前列。2018年我国供应了全球84%的钨、78%的铌、45%的钼,以及69%的石墨、64%的萤石、48%的磷等非三稀矿产^[9]。总体而言,我国在部分关键矿产的供应能力上具有较为明显的优势,个别矿种能够实现产量垄断,在产业竞争中占据有力地位。

1.3.3 我国关键矿产的需求格局

我国部分关键矿产资源的有效供给受技术、生态保护、市场、资源储量等多种因素影响,需高度关注供应链安全^[3]。部分资源在我国储量较大,但受制于成矿理论及勘查、开采技术的落后,未能将储量有效转化为产量,呈现出“有而不优”的特点。我国钒资源虽有储量优势,但针对富钒矿的基础地质研究工作相对薄弱,至今尚未提出成熟的成矿模型,无法对找矿实践提供支撑。我国锂矿已探明储量100万t,约占世界总资源量的7%。然而我国大部分锂资源分布于青藏高原,且多为卤水型锂矿,镁锂比值较高,锂提取技术不能满足生产需求;我国铍资源较为丰富,但资源禀赋较差且主要为伴生矿,现有采选技术无法满足要求,因此存在开采成本过高的问题,无法显现储量优势。环保技术的落后同样制约着关键矿产的开发。以铍的开采为例,由于铍的剧毒性,在开采过程中含铍废水与固体废物的处理技术落后,导致环境污染难以控制,造成巨大的生态损失和环保成本,影响铍资源的开发。

此外,由于成矿条件的差异,部分关键矿产资源聚集于特定的国家和地区,而我国在这部分矿产资源上储量不足,严重依赖进口。我国已查明钴资源量占全球总量的1.16%,2018年钴原料产量仅0.31万t,对外依存度超过90%,依赖于自刚果(金)的进口;我国锂资源年消费量全球最多,对外依存度高达75.3%,主要来源于澳大利亚和智利两国。此外,铌精矿、钽、锆、钨、钼、钨和稀贵金属也是我国依赖进口的紧缺型战略性资源(图3)。

随着全球局势不确定性的增加和国际贸易争端的频发,各主要国家围绕关键矿产的争夺日益加剧。部分关键矿产为中国、美国及部分欧洲国家共同紧缺的矿种,且我国短缺更严重,关键矿产的海外获取面临严峻挑战^[10]。部分矿种各国进口来源相同,近年来资源消费大国已围绕加拿大的铍、铟、铊,澳大利亚的钒,南非的铬、铂、钨、铀和钴,刚果(金)的钴和卢旺达的钽、智利的铌等展开激烈争夺。美国和欧盟均将上述矿业大国列为重点合作对象,我国与这些国家未来的合作与贸易将可能面临不利影响。

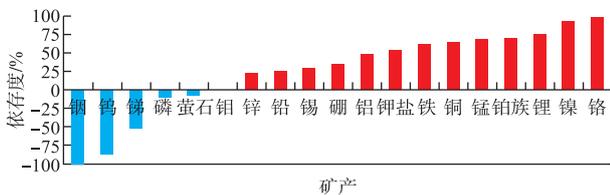


图3 中国部分矿产的对外依存度

Fig. 3 Dependence of minerals in China

2 我国关键矿产勘查增储科技工作基础和进展

在我国,部分关键矿种成矿条件优越,深部资源潜力巨大,但长期以来依靠科技实现战略性矿产找矿突破仍显不足。我国关键矿产成矿、找矿理论等基础研究薄弱,现有勘查技术无法实现复杂条件下的应用,部分技术与装备在先进性、性能稳定性等方面与国际先进水平存在较大差距。此外,我国在战略性矿产的勘探方面缺少科学系统的战略和规划。这些短板导致我国现已查明的关键矿产的产地和储量只是“冰山一角”,总体勘查程度未达到理想状态。

为满足战略性新兴产业发展需求,保障我国战略资源的安全稳定供给,自“十一五”以来,科技部国家重点基础研究发展计划(973计划)、国家高技术研究发展计划(863计划)、国家科技支撑计划围绕战略资源的成矿理论、勘探开发技术创新部署科研攻关任务,通过一批项目的实施,提升了我国关键矿产领域的科技创新水平,增强了关键矿产的获取能力。同时,自然资源管理部门也在战略资源地调任务中积极布局,通过“我国三稀矿产资源战略调查研究”“稀有稀土稀散矿产调查”“大宗急缺矿产和战略性新兴产业矿产调查工程”“战略性新兴产业矿产调查”等地调项目推动成矿理论和勘探技术创新成果

的应用,在华南离子吸附型稀土矿、新疆大红柳滩稀有金属、湘鄂赣幕阜山稀有金属矿集区的找矿工作中取得突破^[11]。

进入“十三五”以来,以支撑“三稀”资源勘查增储实践为目标,国家重点研发计划“深地资源勘查开采”重点专项按照“全链条设计,一体化组织实施”的思路,再次围绕关键矿产尤其是挖掘深部资源潜力,部署了一系列研究项目。在基础研究方面,启动了关键矿产元素行为和赋存状态、矿床类型与成矿机理、分布规律和超常富集机制等方面的研究工作,在稀土、铀、锂、铌、钽、铷等矿产的成矿预测理论和成矿找矿模型、勘查示范等方面开展了广泛探索并取得了阶段性进展^[12],提出了“碳酸盐粘土型锂矿床”矿产类型,在相应成矿模式指导下在滇中盆地圈定两个靶区,初步估算锂资源量超过500万t,有望形成世界级锂矿基地;以斑岩-矽卡岩成矿系统理论和矿床成矿系列“缺位找矿理论”剖析甲玛超大型斑岩成矿系统矿体结构和厚大富铜多金属矿体的关键控制因素,深化了对“接触带控矿”和“推-滑覆构造控岩控矿”的认识,并提出对“多中心复合成矿”的创新认识。在该理论的指导下,西藏甲玛矿集区估算新增钼矿29万t,其它伴生金属矿超过200万t;针对甘肃余石山矿区提出“变粒岩型铌钽矿床”新矿床类型和成矿新模式,并据此发现与已知矿床类型均明显不同的铌钽矿床,初步确定已获得铌钽氧化物(333+334)14.2万t,有望形成大型稀有金属资源勘查基地。在勘查技术和装备方面,以物化探多种单项技术的创新发展为基础,针对特定关键矿种探矿需求开展技术方法体系的综合集成是重要研究方向。我国相关研究团队针对找矿的多元信息提取与集成-预测-定位技术,建立了地、物、化综合勘查评价的技术方法体系,并应用于指导和支撑勘查实践,取得了积极成效。基于“高精度地球化学测量”“多维度短波红外光谱分析”“多尺度地球物理解译”三种勘查技术体系进行综合信息解译,实现了外围找矿靶区的快速圈定,已在西藏甲玛矿区钼矿勘查中得到较好应用。“高精度磁法扫面(比例尺 $\geq 1:1$ 万)+大比例物化探剖面($\geq 1:2000$)+钻探验证”勘查技术体系用于明确关键矿种找矿标志后的勘查,在中祁连西段余石山—当金山口一带圈定了一条近东西走向延伸数十千米的稀有金属异常区,其中余石山铌钽矿床东西延伸控制长度达6 km以上。

3 我国关键矿产勘查增储科技工作面临的形势与挑战

3.1 我国关键矿产科技战略布局有待强化

资源安全是我国总体国家安全观的重要组成部分,与国家科技安全、经济安全、军事安全关联紧密。基于关键矿产前所未有的战略地位,尽快规划形成科学完善的关键矿产发展战略对于提升我国矿产资源管理水平,保障我国资源安全至关重要。关键矿产勘查开发是多学科交叉融合的典型领域,其面向的下游产业往往具有较强的不确定性,这对科技战略布局的前瞻性提出了更高的要求。如新能源汽车产业涉及的包括锂、钴、镍、稀土、石墨、铂等关键矿产在2035年需求量将增长至目前的1.7~11倍^[13],将从目前的“小矿种”上升为“大矿种”。因此,关键矿产科技战略布局必须与各种新兴技术的发展和战略新兴产业的发展通盘考虑,应重点关注新兴技术和产业发展引发的资源消费结构调整动向,密切跟踪技术升级或路线调整可能造成部分资源需求量的显著变化,根据战略新兴产业的发展变化及时调整我国关键矿产战略布局,从而实现资源供给对产业发展的快速响应。因此,我国需加强关键矿产战略研究的系统性、连续性,建立覆盖国家安全、科技创新、产业发展、贸易合作的一体化战略研究体系,多角度常态化监测关键矿产发展形势变化,及时形成战略建议,支撑战略决策。

3.2 关键矿产科技创新水平有待提升

地质勘查行业作为知识密集型行业,理论与技术的先进程度决定了行业发展潜力。尽快提升我国地质勘查领域科技创新能力,对保障我国关键矿产安全至关重要。我国在关键矿产获取过程中,科技创新的贡献仍待加强。基础理论研究方面,相关矿种的成矿理论尚不明确,对部分金属元素行为和赋存状态、矿床类型与成矿机理、分布规律和超常富集机制等理论认识不深。例如对稀土矿床的形成富集条件、花岗岩风化壳中重稀土矿床富集机理等方面的研究仍有待加强。同时,由于部分矿床类型在我国尚未发现,部分关键矿产存在基础研究盲点,对此类成矿条件的矿床缺乏勘查理论支撑和系统性评估方法,相应精细勘探工作无法高效开展。在勘查技术创新方面,我国的矿产勘查仍以常规技术为主,在技术路线、工艺和装备等方面创新性不足,未能最大程度探明资

源储备潜力。部分关键矿产如铜、镓、锗、钴等因成矿条件特殊,矿种品位低、矿石类型复杂,且经常性共生伴生,传统的勘查技术往往成本较高且无法满足相关技术要求^[14],急需以科技创新驱动勘查水平的提升。此外,围绕关键矿产产业链的跨领域技术融合仍需有所突破,需发挥大数据、云计算、人工智能、生态环保等新兴技术在传统矿业转型升级中的促进作用,推动深部勘探、精细化勘探、绿色勘探等方面技术水平全面提升,驱动关键矿产勘探开发利用向安全、绿色、智能化、高效率发展。

3.3 参与全球关键矿产治理深度不足

全球矿业合作和竞争格局发生深刻变化的宏观背景下,我国深化与资源优势国家的战略合作,科学布局海外市场,用好国内国外两种资源,主动应对全球矿产品市场不确定性,需要不断深化参与全球治理的策略研究^[14]。我国部分关键矿产在国际市场上虽然具有一定的优势地位,但受市场环境及定价机制国际规则等影响,我国矿业的比较优势没有完全转化为国际矿业市场的话语权。同时,由于缺乏关键金属定价中心和认证仓库,无法将储量优势转化为贸易优势^[15],在利用境外资源上也往往付出较高成本。我国矿业公司在拥有资源的优质程度、金融化程度方面较国际大型矿业公司仍有较大差距,部分关键矿种的开发缺少科学规划与适时调控,企业重复性建设严重,不能完全体现关键矿产的稀缺性,应对全球市场风险能力不足。以镓为例,作为我国在全球生产中居于绝对的主导地位的矿种,受LED半导体行业萎缩的影响,需求增速远不及产能增速,行业产能、库存过剩问题十分突出。因此,应加强关键矿产经济安全和国际合作战略研究,以关键矿产定价权等核心问题为抓手深度参与全球矿产治理,维护我国国际贸易地位,增强我国在关键矿产领域的话语权。

4 我国关键矿产勘查增储的科技应对策略

4.1 加强关键矿产科技战略研究与布局

行业主管部门应协同科技主管部门加强对产业发展趋势、科技前沿走向的分析预测,强化关键矿产国内外需求、资源分布及国际形势的研判,尽快界定出我国所需的关键矿产种类,形成我国“关键矿产清单”并建立动态调整机制。在此基础上建立完善科技、产业、储备、安全、贸易一体化的关键矿产国家战

略布局。同时,开展关键矿产供给风险评价研究,跟踪国内关键矿产储量的动态变化,评估国内关键矿产在满足可持续发展要求基础上的有效供应能力,科学制定用于指导资源勘查和供应的决策。同时,加强中国关键矿产相关知识产权的保护,将核心技术纳入出口管制范围。

4.2 加大关键矿产科技创新投入力度

科技部门应加强关键矿产科技前沿与发展现状的跟踪与监测,通过国家科技计划对关键矿产成矿机理、成矿规律、赋存状态等基础研究开展持续支持。加快创新和研发针对性强的勘查技术方法体系,注重新技术在国内重要成矿区带、重点矿集区和“一带一路”沿线关键矿产勘查中的应用。推进地质、矿产、冶金、材料等多学科的交叉,强化创新链上下游的有机衔接,加强关键矿产领域人才培养。同时,科技部门还应加强与资源行业主管部门协作,建立信息共享机制,引导和助推国家科技计划科研攻关与公益地质调查工程实践的有机结合,从找矿突破的重大科技需求出发,优化研究任务布局,促进找矿新理论、新技术和新方法的验证和应用推广。完善公益性科研项目找矿成果的资源储量评审认定、权益归属、绩效激励等机制,凸显科技成果的知识价值与矿产资源双重属性,促进其转化为关键矿产的资源储备和有效供给。

4.3 不断优化参与矿产资源全球治理的策略

探索中国参与全球矿产资源治理的方式、方法与路径和策略,是构建新格局下全球关键矿产资源安全、稳定、合理和可持续供应的基础性科学问题。应深入开展基于总体国家安全观的矿产资源安全理论与全球战略研究,分析全球关键矿产供给和需求格局,研究国际规则、国家战略和地缘政治对全球矿产资源市场格局的影响,优化中国参与全球矿产资源治理的战略和战术,在国际规则、地缘政治、产业分工、全球贸易、国际金融和资源控制格局中争取更多主动权。

参考文献:

- [1] 翟明国,吴福元,胡瑞忠,等. 战略性关键金属矿产资源:现状与问题[J]. 中国科学基金,2019,33(2):106-111.
ZHAI Mingguo, WU Fuyuan, HU Ruizhong, et al. Critical metal mineral resources: Current research status and scientific issues [J]. Bulletin of National Natural Science Foundation of China, 2019, 33(2):106-111.
- [2] 王登红. 关键矿物的研究意义、矿种厘定、资源属性、找矿进展、存在问题及主攻方向[J]. 地质学报,2019,93(6):1189-1209.
WANG Denghong. Study on critical mineral resources: significance of research, determination of types, attributes of resources, progress of prospecting, problems of utilization, and direction of exploitation [J]. Acta Geologica Sinica, 2019, 93(6):1189-1209.
- [3] 毛景文,杨宗喜,谢桂青,等. 关键矿产——国际动向与思考[J]. 矿床地质,2019,38(4):689-698.
MAO Jingwen, YANG Zongxi, XIE Guiqing, et al. Critical minerals: International trends and thinking [J]. Mineral Deposits, 2019, 38(4):689-698.
- [4] 蒋少涌,温汉捷,许成,等. 关键金属元素的多圈层循环与富集机理:主要科学问题及未来研究方向[J]. 中国科学基金,2019,33(2):112-118.
JIANG Shaoyong, WEN Hanjie, XU Cheng, et al. Earth sphere cycling and enrichment mechanism of critical metals: Major scientific issues for future research [J]. Bulletin of National Natural Science Foundation of China, 2019, 33(2):112-118.
- [5] USGS. Interior releases 2018's final list of 35 minerals deemed critical to U. S. national security and the economy [EB/OL]. (2018. 5. 18) [2020. 10. 20]. <https://www.usgs.gov/news/interior-releases-2018-s-final-list-35-minerals-deemed-critical-us-national-security-and>.
- [6] U. S. Department of Commerce. A federal strategy to ensure secure and reliable supplies of critical minerals [EB/OL]. (2019. 6. 4) [2020-10-20]. <https://www.whitehouse.gov/presidential-actions/presidential-executive-order-federal-strategy-ensure-secure-reliable-supplies-critical-minerals/>.
- [7] BLENGINI G A, BLAGOEVA D, DEWULF J, et al. Assessment of the methodology for establishing the EU list of critical raw materials-background report[R]. Luxembourg: JRC Technical Reports, 2017.
- [8] 闫卫东,孙春强,郭娟,等. 2020年全球矿业展望[J]. 中国矿业,2020,29(1):6-12.
YAN Weidong, SUN Chunqiang, GUO Juan, et al. Global mining outlook in 2020 [J]. China Mining Magazine, 2020, 29(1):6-12.
- [9] 吴巧生. 化危为机,打造优势战略性矿产资源产业链[N]. 中国矿业报,2020-03-24(001).
WU Qiaosheng. Turning crisis into opportunity and creating advantageous strategic mineral resources industrial chain [N]. China Mining News, 2020-03-24(001).
- [10] USGS. Mineral commodity summaries [R/OL].

- <https://www.usgs.gov/centers/nmic/mineral-commodity-summaries>.
- [11] 王登红. 关键矿产调查研究工作成果简介[J]. 地质学报, 2019, 93(6): 1188.
WANG Denghong. Brief introduction of key mineral investigation and research achievements [J]. Acta Geologica Sinica, 2019, 93(6): 1188.
- [12] 樊俊, 郭源阳, 成永生. 国家重点研发计划“深地资源勘查开采”攻关目标与任务剖析[J]. 中国地质, 2019, 46(4): 919-926.
FAN Jun, GUO Yuanyang, CHENG Yongsheng. An introduction to deep resources exploration and mining, a special project of National Key R & D Program of China[J]. Geology in China, 2019, 46(4): 919-926.
- [13] 中国地质科学院全球矿产资源战略研究中心. 新能源汽车相关矿产资源战略研究报告[R]. 北京: 中国地质科学院, 2018.
Global Mineral Resources Strategic Research Center, Chinese Academy of Geological Sciences. Strategic research report on mineral resources related to new energy vehicles [R]. Beijing, Chinese Academy of Geological Science, 2018.
- [14] 余韵. 浅析全球新一轮矿产资源战略研究的共性特征[J]. 中国国土资源经济, 2019, 32(6): 18-23, 28.
YU Yun. A brief analysis of the common characteristics of the new round of global strategic research on mineral resources [J]. Natural Resource Economics of China, 2019, 32(6): 18-23, 28.
- [15] 徐德义, 朱永光. 能源转型过程中关键矿产资源安全: 回顾与展望[J]. 资源与产业, 2020, 22(4): 1-11.
XU Deyi, ZHU Yongguang. Review and outlook of key minerals security during energy transformation [J]. Resources & Industries, 2020, 22(4): 1-11.